

# Analisis Potensi Ampas Tebu Sebagai Pembangkit Listrik Biomassa Di Pabrik Gula Takalar

Braymand Beril Leko<sup>1)</sup>, Nirwan A. Noor<sup>2)</sup>, Usman<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3</sup>Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang

braymand444@gmail.com

nirwanpnup@gmail.com

usman.ose@poliupg.ac.id

## Abstrak

Seiring bertambahnya jumlah penduduk dan semakin menipisnya cadangan bahan bakar fosil, maka dibutuhkan bahan bakar alternatif yang baru dan terbarukan serta ramah lingkungan, efektif dan efisien. Salah satu sumber energi alternatif baru dan terbarukan tersebut adalah biomassa ampas tebu. Selama ini tanaman tebu yang berada di Indonesia digunakan sebagai bahan dasar pembuatan gula oleh Pabrik Gula. Sisa-sisa penggilingan dari tebu ini akan menghasilkan ampas tebu yang bisa digunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik. Adapun tujuan yang ingin dicapai melalui penelitian adalah menjelaskan potensi ampas tebu sebagai bahan bakar biomassa untuk pembangkit listrik dan mengetahui besar daya listrik yang mampu dihasilkan dari ampas tebu yang tersedia. Pada pusat listrik tenaga uap bahan bakar merupakan bagian penting dari proses pembangkitan listrik. Jenis bahan bakar juga selalu menjadi pertimbangan karena bahan bakar merupakan perangkat utama dari pembangkitan listrik tenaga uap. Selain solar dan batu bara, ampas tebu juga menjadi pilihan sebagai bahan bakar pembangkit. Hasil pengujian kalori bahan bakar ampas tebu = 2370,5 kcal/kg. Dari pengujian yang dilakukan analisa kualitas bahan bakar yang baik dapat membangkitkan daya listrik sebesar 2,8 MW. Dari hasil analisa menunjukkan bahwa ampas tebu sangat berpotensi sebagai bahan bakar pembangkit listrik yang lebih ekonomis dan mudah didapat.

**Kata Kunci:** Ampas Tebu, Biomassa, Energi Alternatif

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan era globalisasi saat ini berdampak pada kebutuhan energi yang semakin meningkat. Konsumsi energi ini berbanding terbalik terhadap ketersediaan sumber energi konvensional yaitu sumber energi fosil yang paling banyak digunakan. Sehingga terjadi ketidakseimbangan, bahkan eksploitasi dan eksplorasi sumber energi tersebut jauh lebih besar dibandingkan dengan produksi, yang mengakibatkan deposit energi konvensional menurun tajam. Ketidakseimbangan ini menyebabkan terjadinya krisis energi, bahkan dikhawatirkan sumber energi konvensional akan habis [1].

Bahan bakar fosil dan minyak bumi yang digunakan sebagai energi listrik saat ini berpengaruh buruk terhadap kondisi lingkungan seperti misalnya sisa pembakaran batubara pada pembangkit listrik tenaga uap yang berpengaruh terhadap kondisi udara dan pemanasan global. Biomassa merupakan sebuah istilah yang digunakan untuk menyebut semua senyawa organik yang berasal dari tanaman budidaya, alga dan sampah organik. Dalam kaitannya dengan energi biasanya berasal dari tumbuh tumbuhan seperti kayu, potongan dedaunan dan ranting, serta rumput-rumputan. Di samping itu, biji-bijian yang mengandung minyak seperti sawit dan kelapa juga termasuk dalam kategori biomassa ini [2].

Indonesia memiliki banyak pabrik gula yang tersebar di hampir setiap wilayah, salah satunya Pabrik Gula Takalar. Pabrik Gula (PG) Takalar ini merupakan salah satu unit usaha milik PT. Perkebunan Nusantara XIV

(Persero) yang bergerak dalam bidang agribisnis. Pada musim giling tahun ini yang dimulai pada Juni 2020 hingga Oktober 2020, PG. Takalar telah menggiling tebu sebanyak 11.556,65 ton. Ampas tebu yang dihasilkan dari giling ini sebanyak 3465,5 ton. Ampas tebu yang dihasilkan ini cukup banyak dan berpotensi untuk diolah dan dikembangkan menjadi pembangkit biomassa.

## II. KAJIAN LITERATUR

### A. Biomassa

Biomassa merupakan sebuah istilah yang digunakan untuk menyebut semua senyawa organik yang berasal dari tanaman budidaya, alga dan sampah organik. Pengelompokan biomassa terbagi menjadi biomassa kayu, biomassa bukan kayu dan biomassa sekunder. Biomassa juga dapat dikategorikan menjadi limbah pertanian, limbah kehutanan, tanaman kebun energi, dan limbah organik. Sifat kimia, sifat fisik, kadar air, dan kekuatan mekanis pada berbagai biomassa sangat beragam dan berbeda-beda [2]. Biomassa dapat digunakan sebagai bahan bakar secara langsung atau melalui proses pembakaran. Selain itu, biomassa juga dapat digunakan sebagai bahan bakar penghasil energi listrik [3].

Potensi biomassa di Indonesia yang bisa digunakan sebagai sumber energi jumlahnya sangat melimpah, potensi biomassa Indonesia sebesar 146,7 juta ton per tahun. Sementara potensi Biomassa yang berasal dari sampah untuk tahun 2020 diperkirakan sebanyak 53,7 juta ton. Limbah yang berasal dari hewan maupun tumbuhan

semuanya potensial untuk dimanfaatkan dan dikembangkan. Tanaman pangan dan perkebunan menghasilkan limbah yang cukup besar, yang dapat dipergunakan untuk keperluan lain seperti bahan bakar nabati. Pemanfaatan limbah sebagai bahan bakar nabati memberi tiga keuntungan langsung, antara lain [4] :

- a) Peningkatan efisiensi energi secara keseluruhan karena kandungan energi yang terdapat pada limbah cukup besar dan akan terbuang percuma jika tidak dimanfaatkan.
- b) Penghematan biaya, karena seringkali membuang limbah bisa lebih mahal daripada memanfaatkannya.
- c) Mengurangi keperluan akan tempat penimbunan sampah karena penyediaan tempat penimbunan akan menjadi lebih sulit dan mahal, khususnya di daerah perkotaan.

Penggunaan biomassa untuk menghasilkan panas secara sederhana yaitu biomassa langsung dibakar dan menghasilkan panas. Dan panas hasil pembakaran akan dikonversi menjadi energi listrik melalui turbin dan generator. Panas hasil pembakaran biomassa akan menghasilkan uap dalam boiler. Uap akan disalurkan ke dalam turbin sehingga akan menghasilkan putaran dan menggerakkan generator. Putaran dari turbin dikonversi menjadi energi listrik melalui magnet-magnet dalam generator [4].

#### B. Ampas Tebu

Selama ini tanaman tebu di Indonesia digunakan sebagai bahan baku pembuatan gula oleh Pabrik Gula. Ketersediaan ampas tebu di Indonesia cukup melimpah sejalan dengan banyaknya pabrik gula tebu, baik yang dikelola oleh negara (PT Perkebunan Nusantara/PTPN) maupun swasta. Menurut Saputra (2018) sisa-sisa penggilingan berupa ampas tebu biasanya kurang dimanfaatkan secara maksimal. Pada kebanyakan Pabrik Gula, ampas tebu telah digunakan sebagai bahan bakar pada boiler, namun karena jumlahnya yang banyak dan sifatnya yang berubah sehingga menimbulkan masalah penyimpanan pada pabrik gula serta sifatnya yang mudah terbakar karena didalamnya terkandung air, gula, serat dan mikroba maka kelebihan ampas tebu dibakar secara berlebihan. Dengan cara tersebut tampaknya memang bisa mengurangi jumlah ampas tebu.

Menurut rumus Pritzelwitz [5] tiap kilogram ampas dengan kandungan gula sekitar 2,5% akan memiliki kalor sebesar 1825 kkal. Nilai bakar tersebut akan meningkat dengan menurunnya kadar air dan gula dalam ampas. Dengan penerapan teknologi pengeringan ampas yang memanfaatkan energi panas dari gas buang cerobong ketel, dimana kadar air ampas turun menjadi 40% akan dapat meningkatkan nilai bakar per kg ampas hingga 2305 kkal. Rumus untuk menghitung nilai kalor ampas sebagai berikut [6] :

$$GVC = 4600 - 12(S) - 46(W) \quad (1)$$

dengan: S = pol ampas tebu (kandungan nira yang tersisa di ampas tebu)

W = Zat kering

GVC = Nilai Kalor

Adapun 1 kcal = 1,163 Watt, sehingga nilai energi yang dihasilkan dari 1 kg ampas tebu adalah sebagai berikut:

$$Energi \ 1 \ kg \ ampas \ tebu = GVC \times 1,163 \quad (2)$$

#### C. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

PLTU adalah pembangkit yang menggunakan tenaga uap sebagai penggerak turbin, dimana poros dari turbin ini dikopel dengan poros generator. Untuk menghasilkan uap, maka haruslah ada proses pembakaran untuk memanaskan air. PLTU merupakan mesin konversi energi yang mengubah energi kimia dalam bahan bakar menjadi energi listrik. Proses konversi energi pada PLTU berlangsung melalui 3 tahapan, yaitu [7]:

- a) Pertama, energi kimia dalam bahan bakar diubah menjadi energi panas dalam bentuk uap bertekanan dan temperatur tinggi.
- b) Kedua, energi panas (uap) diubah menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran.
- c) Ketiga, energi mekanik diubah menjadi energi listrik.

Pada dasarnya boiler adalah alat yang berfungsi untuk memanaskan air dengan menggunakan panas dari hasil pembakaran bahan bakar, panas hasil pembakaran selanjutnya panas hasil pembakaran dialirkan ke air sehingga menghasilkan steam (uap air yang memiliki temperatur tinggi). Dari pengertian tersebut berarti kita dapat menyimpulkan bahwa boiler berfungsi untuk memproduksi steam (uap) yang dapat digunakan untuk proses/kebutuhan selanjutnya. Seperti yang kita ketahui bahwa steam dapat digunakan untuk menjaga suhu dalam kolom destilasi minyak bumi dan proses evaporasi pada evaporator. Umumnya bahan bakar yang digunakan untuk memanaskan boiler yaitu batubara, gas, biomassa dan bahan bakar minyak. Untuk menghitung jumlah ampas tebu yang dibakar pada boiler, dapat menggunakan persamaan yang diperoleh dari pabrik :

$$B = \frac{W \cdot (H.Uap - H.Air)}{\text{Efisiensi Boiler} \cdot GVC} \quad (3)$$

dengan : B = Pemakaian bahan bakar pada boiler

W = Pemakaian uap di boiler

H.Uap & H.Air = Entalpi uap dan air

GVC = Nilai kalor

#### D. Turbin Uap

Prinsip kerja turbin uap adalah sebagai berikut : Uap masuk ke dalam turbin melalui nosel. Di dalam nosel energi panas dari uap diubah menjadi energi kinetis dan uap mengalami pengembangan. Tekanan uap pada saat keluar dari nosel lebih kecil dari pada saat masuk ke dalam nosel, akan tetapi sebaliknya kecepatan uap keluar nosel lebih besar dari pada saat masuk ke dalam nosel. Uap yang memancar keluar dari nosel diarahkan ke sudu-sudu turbin yang berbentuk lengkungan dan dipasang di sekeliling roda turbin. Uap yang mengalir melalui celah-celah antara sudu turbin itu dibelokkan ke arah mengikuti lengkungan dari sudu turbin. Perubahan kecepatan uap ini menimbulkan gaya yang mendorong dan kemudian memutar roda dan poros turbin [8].

E. Generator Sinkron

Generator sinkron adalah salah satu jenis mesin listrik yang digunakan sebagai alat pembangkit energi listrik dengan cara mengonversi energi mekanik menjadi energi listrik [9]. Efisiensi biomassa secara teoritis mencapai 35% [10], namun pada kenyataannya pembangkit di PG. Takalar hanya mempunyai efisiensi sebesar 27%. Output dari generator ini adalah besar daya yang dihasilkan. Daya yang dihasilkan adalah hasil dari perkalian antara nilai kalor dengan efisiensi pembangkit, dengan menggunakan persamaan berikut:

$$E = GVC \times \text{Efisiensi Pembangkit} \quad (4)$$

dengan : E = Daya yang dihasilkan

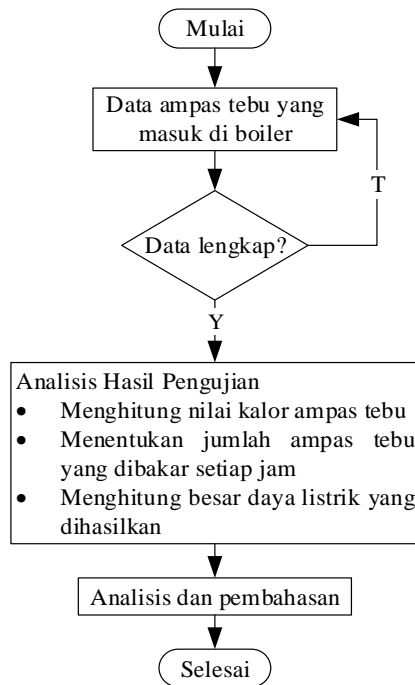
GVC = Nilai Kalor

Efisiensi Pembangkit = 27 %

III. METODE PENELITIAN

A. Prosedur Penelitian

Data-data yang telah diperoleh seperti nilai kandungan kalori pada ampas tebu, efisiensi pembangkit, jumlah ampas tebu yang dibakar dan jumlah ampas tebu yang dihasilkan pada masa giling kemudian diolah sesuai dengan kebutuhan dalam rumusan masalah. Rumusan masalah tersebut adalah bagaimana potensi limbah tebu sebagai bahan bakar biomassa untuk pembangkit listrik dan berapa besar daya listrik yang mampu dihasilkan dari ampas tebu yang tersedia. Berikut diagram alir penelitian ini :



Gambar 1. Flowchart Prosedur Kegiatan

B. Teknik Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini berupa nilai kandungan kalori pada ampas tebu, efisiensi pembangkit, jumlah ampas tebu yang dibakar. Data-data

tersebut diperoleh melalui observasi langsung pada Pabrik Gula Takalar. Sedangkan data nilai kandungan kalori pada ampas tebu, efisiensi pembangkit, jumlah ampas tebu yang dibakar, diperoleh dari dokumentasi (laporan operasi) di Pabrik Gula Takalar.

C. Teknik Analisis Data

Data yang sudah diperoleh kemudian dijadikan dasar untuk mengetahui daya listrik yang mampu dihasilkan dari ampas tebu yang tersedia. Untuk mendapatkan daya listrik tersebut, maka analisis datanya adalah sebagai berikut :

1. Menghitung nilai kalor yang dihasilkan dari ampas tebu dengan menggunakan persamaan 1.
2. Menghitung energi yang dihasilkan dari 1 kg ampas tebu dengan menggunakan persamaan 2.
3. Menghitung Jumlah ampas tebu yang dibakar setiap jam menggunakan persamaan 3.
4. Menghitung besar daya listrik yang dihasilkan dari ampas tebu yang tersedia dengan efisiensi pembangkit menggunakan persamaan 4.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gross Value Caloric (Nilai Kalor) didapat dengan cara membakar bahan bakar tersebut sebanyak satu kilogram dengan menggunakan kalorimeter pada suhu 30° sehingga uap air yang didapat dengan pembakaran ini (hasil pembakaran) mengembun dan melepaskan kalori pengembunannya. Pembakaran bahan bakar pada pembangkit listrik termal ini mengeluarkan gas buang pada suhu yang jauh di atas titik embun air, perhitungan neraca energi didasarkan pada nilai bawah kalori karena pada suhu gas buang setinggi itu air berada pada fase uap. Dari data yang didapatkan di Pabrik Gula takalar ampas tebu kualitas baik mempunyai nilai Pol Ampas sebesar 5,11% dan Zat Kering yang terkandung 49,8%.

Untuk mendapatkan nilai kalori dari 1 kg ampas tebu, harus terlebih dahulu mengetahui nilai zat kering dan pol ampas (kandungan nira) yang terkandung pada ampas tebu tersebut, karena nilai ini sangat penting untuk mengetahui berapa kandungan kalor yang ada pada ampas tebu. Semakin tinggi zat kering yang terkandung pada ampas tebu, maka semakin tinggi pula kandungan kalornya dan semakin baik juga proses pembakaran dari ampas tebu tersebut. Dari data pada tabel 1, nilai-nilai tersebut dimasukkan ke persamaan 1. Sehingga nilai kalor pada ampas tebu bisa didapat, apabila dimasukkan maka persamaannya seperti berikut ini:

$$\begin{aligned} GVC &= 4600 - 12 (S) - 46 (W) \\ &= 4600 - 12 (5,11) - 46 (49,8) \\ &= 4600 - 2229,5 \\ &= 2370,5 \text{ kcal/kg} \end{aligned}$$

Jadi kalor yang dikandung dari 1 kg ampas tebu sebesar 2370,5 kcal/kg. Sehingga nilai energi yang dihasilkan dari 1 kg ampas tebu adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Energi 1 kg ampas tebu} &= GVC \times 1,163 \\ &= 2370,5 \times 1,163 \\ &= 2756,9 \text{ Wh} \end{aligned}$$

$$= 2,756 \text{ kWh}$$

Jadi energi yang dikandung oleh 1 kg ampas tebu ialah 2,756 kWh.

### C. Manajemen Bahan Bakar

Manajemen bahan bakar adalah metode pengelolaan yang dilakukan untuk menjamin ketersediaan bahan bakar dalam keadaan operasi secara kontinu selama pabrik gula beroperasi. Manajemen bahan bakar secara garis besar meliputi ketersediaan bahan bakar (ampas tebu) selama pabrik beroperasi, dan kandungan energi yang dimiliki ampas tebu. Bahan bakar ini digunakan agar boiler terus beroperasi dan menghasilkan uap untuk memutar turbin. Bahan bakar yang dipakai ialah ampas tebu.

Untuk mengetahui jumlah ampas tebu yang dibakar diboiler, kita harus mengetahui jumlah uap yang terpakai pada boiler ( $W$ ) = 10000 kg/cm<sup>2</sup>, efisiensi boiler = 61,08 %, nilai entalpi uap = 736,23 kcal/kg, nilai entalpi air = 105 kcal/kg dan nilai kalor dari ampas tebu itu sendiri adalah = 2370,5 kcal/kg. Untuk mengetahui nilai-nilai dari entalpi uap dan entalpi air tersebut, peneliti menggunakan aplikasi yang bernama steam calculator. Steam calculator merupakan sebuah aplikasi pada smartphone yang menyediakan perhitungan secara lengkap mulai dari tekanan, temperature hingga nilai spesifik dari entalpi. Apabila semua nilai itu telah diketahui maka bisa menggunakan persamaan ini untuk mengetahui jumlah ampas tebu yang dibakar pada boiler:

$$B = \frac{W \cdot (\text{entalpi uap} - \text{entalpi air})}{\text{Efisiensi Boiler} \cdot \text{GVC}}$$

$$= \frac{10000 \cdot 631,23}{61,08\% \cdot 2370,5}$$

$$= \frac{6312300}{1447,901}$$

$$= 4359,62 \text{ kg/jam}$$

Jadi, ampas tebu yang dibakar pada boiler berjumlah 4,3 ton/jam.

Kandungan kalor dalam 1 kg ampas tebu tersebut sebanyak 2370,5 kcal/kg. Sehingga apabila dihitung dari 4,3 ton ampas tebu ini bisa menghasilkan kalor sebanyak 10.334.479,2 kcal dan daya listrik yang terbangkitkan dari energi tersebut sebesar 12 MW.

Sedangkan dalam kenyataannya, daya listrik yang mampu dihasilkan generator maksimal sebesar 3 MW. Perbedaan yang sangat besar antara daya ideal yang terkandung dalam ampas tebu dan daya listrik yang dibangkitkan di lapangan sangat jauh berbeda, karena pembangkit ini memiliki efisiensi. Sehingga ada cukup banyak daya yang tidak terkonversi menjadi daya listrik.

### D. Analisis Daya yang Terbangkit di PG Takalar

Ampas tebu yang terkumpul dipakai terus menerus untuk pembakaran pada boiler. Pembakaran pada boiler akan berhenti apabila tidak ada lagi tebu yang akan digiling. Dari jumlah ampas tebu yang dihasilkan dari penggilingan setiap hari, sebagian besar digunakan untuk pembakaran boiler. Sehingga bisa menghasilkan uap untuk menggerakkan turbin generator. Dari uap inilah apabila turbin berputar, akan menggerakkan generator dan

generator akan mengubah energi gerak menjadi energi listrik.

Rata-rata ampas tebu yang dipakai untuk menghasilkan daya tersebut sebanyak 104,6 ton ampas tebu/hari atau 4,3 ton/jam. Karena pada pembangkit ini memiliki efisiensi, sehingga ada cukup banyak energi listrik yang tidak terkonversi dengan baik. Efisiensi pembangkit ini adalah 27 %. Sehingga untuk mengetahui output dari generator / daya yang dihasilkan adalah dengan cara melakukan perkalian antara nilai kalor dengan efisiensi pembangkit tersebut. Untuk mendapatkan nilai tersebut peneliti menggunakan rumus yang ada pada persamaan ke 4 seperti berikut ini :

$$E = \text{GVC} \times \text{Efisiensi Pembangkit}$$

$$= 2370,5 \times 27 \%$$

$$= 640,1 \text{ Watt}$$

Jadi, daya yang mampu dibangkitkan dari 1 kg ampas tebu dengan efisiensi pembangkit 27 % adalah 640,1 Watt atau 0,64 kW. Berdasarkan perhitungan dan data tersebut dapat dihitung total daya yang dapat dibangkitkan dengan jumlah ampas tebu 4,3 ton/jam dengan efisiensi pembangkit 27 %. Karena 1 kg ampas tebu sama dengan 0,64 kW, maka apabila 1 jam ampas tebu yang dibakar berjumlah 4359,62 kg/jam, maka daya yang akan didapat ialah:

$$4359,62 \text{ kg/jam} \times 0,64 \text{ kW} = 2.790,2 \text{ kW} \Rightarrow 2,8 \text{ MW}$$

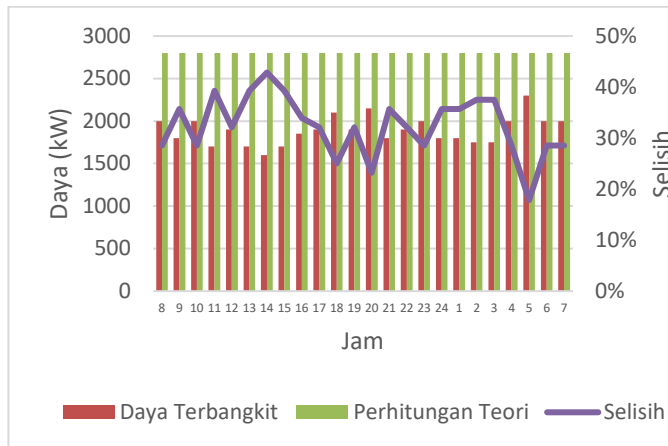
Sehingga daya yang didapatkan dalam satu jam adalah 2,8 MW. Daya ini merupakan daya yang didapatkan apabila ampas tebu menjadi bahan bakar diboiler.

Sedangkan dalam kenyataannya, daya listrik yang mampu dihasilkan generator maksimal sebesar 3 MW. Perbedaan yang sangat besar antara energi ideal yang terkandung dalam ampas tebu dan energi listrik yang dihasilkan di lapangan sangat jauh berbeda, karena pembangkit ini memiliki efisiensi. Sehingga ada cukup banyak energi yang tidak terkonversi menjadi energi listrik.

Tabel 1. Data daya generator yang terbangkitkan dilapangan menggunakan ampas tebu.

Daya yang dibangkitkan generator setiap 1 jam					
Jam	Daya	Jam	Daya	Jam	Daya
8	2000 kW	16	1850 kW	24	1800 kW
9	1800 kW	17	1900 kW	1	1800 kW
10	2000 kW	18	2100 kW	2	1750 kW
11	1700 kW	19	1900 kW	3	1750 kW
12	1900 kW	20	2150 kW	4	2000 kW
13	1700 kW	21	1800 kW	5	2300 kW
14	1600 kW	22	1900 kW	6	2000 kW
15	1700 kW	23	2000 kW	7	2000 kW

Berdasarkan data pembangkit, terdapat selisih antara daya yang dihitung secara teori dengan yang dibangkitkan oleh generator. Secara teori perhitungan yang di dapat mampu membangkitkan daya listrik sebesar 2,8 MW Sedangkan pembangkit di lapangan mampu membangkitkan daya sebesar 2,3 MW.



Gambar 2. Perbandingan dan selisih daya yang dibangkitkan dengan perhitungan.

Berdasarkan perbandingan pada grafik diatas, pada jam 5 pagi, daya yang dihasilkan hampir mendekati dengan perhitungan secara teori dan selisihnya sebesar 18%. Untuk selisih tertinggi sebesar 43% pada jam 2 siang. Sehingga rata-rata daya yang dibangkitkan generator sebesar 1,9 MW. Perbedaan daya yang dibangkitkan itu terjadi diakibatkan dari usia generator yang sudah tua sehingga generator sudah tidak bisa beroperasi secara maksimal. Selain itu komponen-komponen didalam generator seperti sudu-sudu pada rotor turbin yang memiliki lekukan dan sudut dari lekukan ini cukup besar, sehingga banyak uap yang terbuang dan putaran dari rotor ini tidak maksimal, karena putaran dari rotor ini tidak maksimal, maka mempengaruhi juga putaran pada generator sehingga daya yang dibangkitkan tidak maksimal. Selain itu juga daya yang dihasilkan akan berubah-ubah.

## V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, peneliti mendapatkan kesimpulan bahwa ampas tebu ini berpotensi sebagai bahan bakar pembangkit listrik tenaga biomassa. Karena energi yang dikandung dari 1 kg ampas tebu sebesar 2,756 kWh dan kalori yang dihasilkan sebesar 2370,5 kcal/kg. Sedangkan daya yang dapat dibangkitkan secara teori untuk ampas tebu sebesar 2,8 MW. Secara aktual daya yang dibangkitkan berbeda-beda setiap jamnya dengan rata-rata sebesar 1,9 MW.

## REFERENSI

- [1] H. Saputra, "Pembuatan Prototipe Mobil Listrik Tenaga Surya," *Hari Saputra*, 2016. <http://scholar.unand.ac.id/14025/>.
- [2] H. Susanto, *Pengembangan Teknologi Gasifikasi Untuk Mendukung Kemandirian Energi Industri Kimia*. Bandung: Institut Teknologi Bandung, 2018.
- [3] R. Mulyana, *Pedoman Investasi Bioenergi Di Indonesia*. Jakarta: Direktorat Bioenergi, 2016.
- [4] T. Parinduri, Luthfi; Parinduri, "Konversi Biomassa Sebagai Sumber Energi Terbarukan," *J. Electr. Technol.*, vol. Vol 5, p. 2, 2020.
- [5] P. P. S. Saputra, "Studi Pemanfaatan Biomassa Ampas Tebu (Dan Perbandingan Dengan Batu Bara) Sebagai Bahan Bakar Pembangkit Listrik Tenaga Uap 1X3 MW Di Asembagus, Kabupaten Situbondo (Studi Kasus Pabrik Gula Asembagus)," 2018.
- [6] E. Hugot, *Handbook Of Cane Sugar Engineering*. Elsevier Publishing Company, 1960.
- [7] L. A. Hamzah, "Analisa Pengaruh Produksi Energi Listrik Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) NII Tanasa," *J. Fokus Elektroda*, vol. Vol 4 No 2, 2019.
- [8] B. Wahyudi, "Analisis Efisiensi Turbin Uap Terhadap Kapasitas Listrik Pembangkit," 2019.
- [9] S. Bandri, "Analisa Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Karakteristik Generator Sinkron (Aplikasi PLTG Pauh Limo Padang)," *J. Tek. Elektro*, vol. Vol 2, p. 1, 2013.
- [10] K. Ijagbemi, *Sustainable Power Technology: A Viable Sustainable Energy Solution*, 2nd ed. INTECH, 2017.